

# 基础设施PPP模式融资结构优化研究

袁永博，叶公伟，张明媛

(大连理工大学建设工程学部，辽宁 大连 116024)

**摘要：**公私合作模式（PPP模式）越来越多地应用于基础设施建设当中，并逐渐成为解决大型准营利性基础设施融资难题的有力方式。本文首先对PPP模式内涵、应用范围、融资过程进行了剖析，肯定PPP模式融资优势的同时提出了其应用问题。其次建立了基于蒙特卡洛技术的融资结构优化模型，并对主要影响因素及其作用机理进行了分析。最后通过一个简化算例展示了模型的使用过程，证明了仿真模型的有效性。该模型在融资初期即考虑风险的合理分担，为融资谈判提供了一个较好的基准点，有利于缩短谈判时间、降低融资费用、提高PPP模式的使用效率。同时，通过仿真模型优化PPP项目融资结构，有利于决策者找到满意的融资结构。

**关键词：**蒙特卡洛技术；基础设施；PPP模式；融资结构

中图分类号：F294 文献标识码：A 文章编号：1004-292X(2011)03-0091-05

## A Study on Optimizing the Financing Structure of PPP Model for Infrastructure

YUAN Yong-bo, YE Gong-wei, ZHANG Ming-yuan

(Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

**Abstract:** There is a growing trend for Public-Private Partnerships model (PPP model) used in infrastructure construction, which gradually becomes a favorable way to solve the financing problem of large-scale and quasi-profit making infrastructure. Firstly, the connotation, application field and financing process of PPP model were analyzed. And the application problem was put forward when affirming its advantages for infrastructure project financing. Secondly, a simulation model based on Monte Carlo technique for optimizing the financing structure was put forward, and the key factors and their role in financing structure were analyzed. Finally, a case study had demonstrated how the model worked and proved the validity of the simulation model. Benefiting from considering the important risk factors reasonably at an early stage, the calculated results can provide a better reference point for the financial negotiations between public sectors and private sectors. It would help shorten the negotiation time, reduce the financing cost and increase the utilization efficiency of PPP model in infrastructure construction. Simultaneously, decision-makers can keep on optimizing the finance structure until finding a satisfactory one by the model.

**Key words:** Monte Carlo technique; Infrastructure; PPP model; Financing structure

### 一、引言

近年来，PPP模式成为了我国城市基础设施项目融资的一种新渠道，并在一些大型项目中得到了成功应用。例如，2009年投入运营的北京地铁4号线（公私投资比例约为0.7：0.3）和2008年投入使用的国家奥运体育馆（公私投资比例为0.58：0.42）都可堪称是PPP模式融资的成功典范。但是，由于涉及融资结构问题，PPP模式往往比传统融资模式操作更加复杂、谈判时间更长、前期费用更高，直接影响了PPP模式的推广应用。确定出科

学合理、双方满意的融资方案成为PPP模式推广应用的关键瓶颈。对PPP模式融资结构优化进行研究具有重要的现实意义。

### 二、理论基础

#### 1. PPP模式的内涵

PPP(Public- Private Partnership)即公私合作制，它是指公共部门（通常是政府）与私营部门通过建立伙伴关系来提供基础设施产品/服务的一种运行机制。尽管基础设施领域市场化和民营化已有一段历史，但PPP作为一种“新兴术语”和“研究热

收稿日期：2010-08-20

作者简介：袁永博(1957-)，男，辽宁大连人，教授，博士生导师，主要从事现代信息技术与工程项目管理研究。

点”出现，不过是最近几年的事情。

综合国内外研究，在基础设施融资领域，PPP模式有广义和狭义之分。联合国培训研究院、欧盟委员会、美国PPP国家委员会、加拿大PPP国家委员会等国外机构从广义上定义PPP：公共部门与私人投资者为提供公共产品或者服务而建立的各种合作关系。这种表述包括公共部门与私营部门之间的广泛合作，存在一系列不同的具体操作形式，包括BOT、BOOT、DBFT、DBFO、TOT、PFI等特许经营项目融资模式。而狭义的PPP可看作是一种具体的融资模式，其概念可做如下定义：公私双方根据基础设施项目投资规模、收益特征和建设目标，本着互利、合理、科学的原则，通过前期协商和谈判，确定项目融资结构，明确权利和义务，私营部门在合同约定的运营期限内收回其成本和获得相应利润，运营期限结束后将项目返回给公共部门。与传统项目融资模式相比，它更加强调大型或特大型基础设施项目中公私双方的协同合作、风险分担和利益共享，期望实现的目标是“双赢”或者“多赢”，并已陆续在一些大型基础设施项目中得到应用。

在以往的基础设施项目融资实践中，公共部门除了提供政策支持和担保外，基本不参与项目的投资和运作，而PPP融资模式中，更多地突出了公共部门的参与及合作，它较之传统的项目融资模式有一定的区别。因此，本文将研究范围界定为狭义的PPP模式，并将之与传统的BOT、BOOT、TOT等模式相区分，以使得研究问题更具有针对性和应用价值。

## 2. PPP模式的应用范围

按照项目区分理论，基础设施项目可分为三类：营利性、准营利性和非营利性项目。在收益机制、投资回报、政府作用方面，它们分别具有以下特征（如表1所示）：

表 1 基础设施项目分类及特征

项目类型	收益机制	投资回报	政府作用
营利性机制	相对成熟完善，具有稳定的资金流入	比较容易收回成本，投资回报率良好	完全可以通过社会投资来实现，而政府只须承担监督职责
准营利性机制	有收费机制，但经营收入微薄	具有潜在利润，但投资回收期较长	需要政府的财政补助和政策支持
非营利性机制	既无收费机制，也无资金流入	无经济效益，主要在于获取社会效益和环境效益	只能由代表公共利益的政府来负责投资

根据表1及前述对PPP模式内涵的理解，PPP模式理论上既可应用于营利性基础设施项目，也可应用于准营利性基础设施项目。然而，由于营利性项目可以通过“社会完全投资、运营，政府只负责监督，特许经营期满后无偿移交”的方式实现，传统的BOT模式在这类项目的成功实践已经证明了其适用性和优越性。而对于准营利性项目，由于其本身具有公益性和经营性两种特性，相比较营利性基础设施项目，其投资回收期通常较长（或因建设期固定资产投入过大，或因运营期收费价格太低，更多时候两方面原因都有）、风险较大，因而需要在BOT等现有模式的基础上进行改进，通过更好的模式设计以确保项目社会投资成本回收及投资回报得以实现，从而提高项目对社会资本和先进运营

管理技术的吸引力，进而达到解决由于政府财政不足造成的基础设施建设“瓶颈”及提高准营利性基础设施产品/服务供应标准和效率的“双赢”局面。可以说，PPP模式正是对传统BOT模式的一种改进，它更加适合于准营利性基础设施项目。

## 3. PPP模式的融资过程

在PPP模式中，私营部门（包括私人或私人团体）从项目论证阶段就开始参与项目。公共部门通过政府招商形式，与资金雄厚、技术先进、运营管理能力较强的优秀单位谈判并签订特许权协议，共同组建特殊目的项目公司（简称SPC，Special Purpose Company）。

公共部门赋予SPC基础设施项目的特许开发权，由SPC代表公共部门组织项目的开发。私营部门的直接投资以及公共部门的资助资金形成SPC的资本金，构成项目的直接融资部分；贷款、租赁和其他方式筹集的资金构成项目的间接融资部分，他们共同组成项目的总投资，用于项目建设和项目运营所必须的固定资产、流动资产和无形资产。项目的一切开支（如设计费、建设费、咨询费等）由SPC负责管理。项目建成后，SPC在特许运营期内拥有经营权，并能够以向基础设施项目最终使用者收费的方式回收资金，获得的收入扣除当期的运营成本，构成当期的运营收益。运营收益按照特许协议事先约定的利益分配制度进行分配，包括向银行/金融部门还贷和向SPC主体分配红利等。特许运营期满，基础设施项目转交给公共部门。PPP模式融资原理如图1所示。

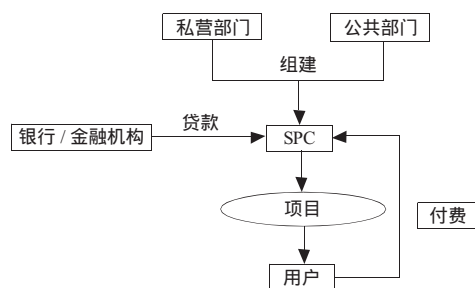


图 1 PPP模式的融资过程

## 4. PPP模式融资的优势及问题

在PPP模式中，公共部门和私营部门各有其独特的优势，并能够通过合作实现优势互补，实现比单方行动更优的结果。例如，公共部门可以制定相应的政策对项目施加影响，但资金不足，管理效率低；私营部门资金充足、有管理经验、主动性和创新力强，但风险承担能力有限。因此，其在国外被广泛应用于地铁、海底隧道、体育场馆等大型基础设施项目的建设。而在国内，尽管引入PPP模式较晚，但应用的实例已初露端倪，例如国家奥运体育馆、北京地铁4号线、10号线一期工程（含奥运支线）以及广州西朗污水处理系统等基础设施项目。国内外实践表明，PPP模式能够有效地减轻政府财政压力、满足公共基础设施建设需要，同时提高基础设施投资和管理效率。

虽然PPP作为一种新型融资模式得到了公共部门和私营部门的青睐，但是融资方案常常成为双方谈判和争论的焦点，直接造成了PPP融资模式前期费用和融资成本提高。例如，M

Ahadzi和G. Bowles通过对英国PPP项目的调查研究发现, 98%的PPP项目在签订合同前所耗费的时间都超过非PPP项目, 超出范围在11%-166%, 谈判时间所耗费的成本超过正常咨询和投标所必需的25%-200%。确定出科学合理、双方满意的融资方案已成为制约PPP模式推广应用的瓶颈。其中, 融资结构优化即是融资方案确立的关键问题之一。

假设公共部门的投资总额为 $I_C$ , 私营部门的投资总额为 $I_S$ , 考虑公共部门一般为项目发起人, 定义 $K = \frac{I_S}{I_C + I_S}$  ( $0 < K < 1$ )。如此, 优化融资结构本质上就是确定最佳的 $K$ 。传统的财务评价方法可以计算出融资结构 $K$ , 但是却未能考虑对项目起着重要影响作用的风险因素。确立最佳的融资结构, 特别是考虑风险因素下的融资结构, 对项目目标的实现至关重要, 是PPP融资项目成功运行的有力保障, 是缩短谈判时间、降低前期费用、实现利益均衡, 在大型准营利性基础设施中有效推广PPP融资模式的加速器。

### 三、蒙特卡洛技术的应用

#### 1. 仿真原理

蒙特卡洛是分析和处理风险影响因素的常用仿真方法。许多研究者用它来研究建设项目的工期和费用风险以及进行投资风险分析。在PPP项目融资领域, 该方法也得到了广泛的应用。例如, E. Malini用它来分析各种政策影响下的PPP项目融资可行性; Thomas 和Xie在此基础上建立了新的仿真模型, 并用它来优化特许期、特许价格。Y. J. Ke用它进行考虑风险因素作用下的PPP融资项目财务评价。然而, 当前还没有专门用于PPP项目融资结构优化的仿真模型。

为此, 本文尝试将蒙特卡洛技术应用到基础设施融资结构优化当中, 建立的仿真模型如图2所示。该模型既考虑了对项目现金流有重要影响的风险因素, 同时能够直接求得满足决策者需要的最优融资结构。在模型中, 先确定一个满足项目所在地法律政策规定的可行区间, 并以该区间下界作为初始融资比

例; 然后根据风险因素的概率分布, 计算每年营业收入; 由于预期投资回报率是投资者最关注的因素, 因此可认定预期投资回报率已知, 并以此作为折现率对每年营业收入进行折现; 计算特许期内的累积净现值, 得到累计净现值的概率分布, 并统计累计净现值大于0的概率 $P$ , 如图3所示; 作出概率 $P$ 随融资结构 $K$ 变化曲线图, 按照要求的置信度 $C$ , 即可确定最佳融资结构 $K$ 。

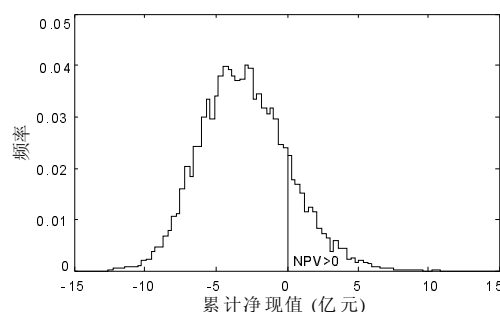


图3 累计净现值的概率分布

#### 2. 主要影响因素

项目融资结构首先应满足项目所在国家或地区的法律法规。不同的国家和地区对项目资本金做了不同的规定。例如, 在我国, 如果基础设施项目特许运营公司是内资企业, 则其资本金比例应不低于总投资的35% (参照《国务院关于固定资产投资项目试行资本金制度的通知》); 如果特许运营公司是外商投资企业, 则中方投资者占有的权益不应小于51% (参照《国家工商行政管理局关于中外合资经营企业注册资本与投资总额比例的暂行规定》)。除了满足当地法律政策的规定外, PPP项目融资结构主要与以下6个因素相关:

(1) 投资额。投资规模是影响PPP项目融资能力的重要因素之一。拟建的PPP项目所需投入资金越多, 当项目财务能力一定时, 融资结构 $K$ 越低。由于项目发起人在选择合作伙伴时, 一般项目投资规模已经确定, 因此可将其看成是确定性因素。

(2) 特许运营期。特许经营期是影响项目融资能力的另一重要因素。特许经营期越长, 则融资能力越强。特许经营期一般由项目的经济寿命期决定, 另外也受项目所在地相关法律法规的限定。以我国为例, 根据建设部《市政公用事业特许经营管理办法》: 特许经营期限将根据行业特点、规模、经营方式等因素确定, 但最长不得超过30年。由于特许经营期一般由项目发起人提前在招标文件中确立, 因此在确立融资结构时, 也可将其作为确定性因素考虑。

(3) 利益分配制度。尽管公共部门一般更加强调社会效益, 要求参与分配的收益相对较少, 但是这种分配对项目融资却起着很大的作用。在不同的利益分配制度下, 项目融资能力变化很大。公共部门的收益一般通过税收和租金实现, 因此其并非随机因素, 而是一个确定性因素。

(4) 折现率。折现率是指将未来有限期预期收益折算成现值的比率, 是影响资金时间价值的重要因素, 在投资项目财务评价中起着重要作用。通常可用私营部门要求的最低财务内部收益率作为折现率。尽管理论折现率是确定性因素, 然而实际

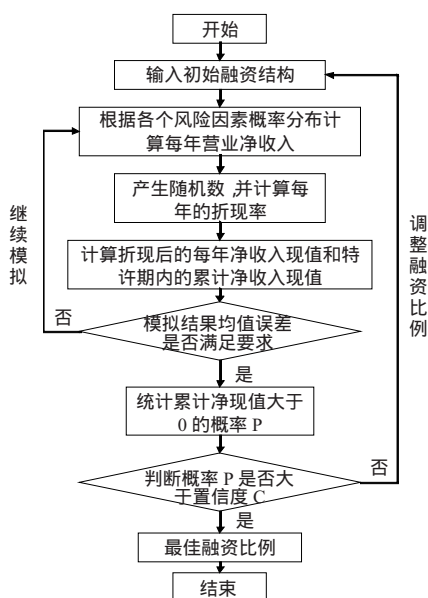


图2 融资结构优化流程图



折现率往往受通货膨胀和利率的影响,因此有必要对其进行修正,得到风险调整折现率。各个年份的风险调整折现率受到风险因素的影响不同,因此其是不确定因素。根据历史经济数据,一般可假设其服从正态分布。

(5) 运营收入。运营收入是影响项目财务可行性的最重要因素之一。对于基础设施PPP项目,它一般由收费价格和产品量/服务量决定。由于收费制度一般由公共部门控制,并相对固定,因此其主要受到产品/服务消费量的影响。每年的产品/服务消费量一般可假设为正态分布,因此每年运营收入也服从正态分布。

(6) 运营维护费用。基础设施项目的运营维护费用主要由工人工资、管理费用、运营能耗、生产维修费、广告宣传费等组成。在同等条件下,它的大小反映了不同项目公司之间的技术和管理能力差异。由其组成来看,它与基础设施项目本身提供的产品/服务量密切相关。基础设施所提供的产品/服务量越大,则运营维护费用越高。而由上文可知,每年的产品/服务量很大程度上又决定了每年的运营收入。因此,运营维护费用应与基础设施项目运营收入存在一定的比例关系。

由于运营维护费用会随着社会经济水平的波动出现一定幅度的变动。比如,运营费用中的工人工资和管理费用就受到通货膨胀因素的影响,因此其属于不确定性因素。传统的随机仿真模型中,一般可认为年运营维护费用占年运营收入的比例符合均匀分布。

#### 四、算例研究

##### 1. 背景资料

为了更直观地说明以上仿真模型的使用过程,本文引入一个简化的地铁PPP项目。项目基本背景如下:为缓解城市交通压力,某市政府计划修建一条地下交通轨道。鉴于自身财政能力的有限性和引入先进管理团队的需要,当地政府拟采用PPP模式进行融资。通过前期招商,政府已经找到一个具有足够资本能力和运营管理能力符合要求的私营部门。在展开该PPP项目融资谈判前,政府作为项目发起人,提出了初始融资结构K=0.3。根据专业咨询单位提供的可行性研究报告,主要经济指标测算如表2所示。

表 2 主要经济数据

经济指标	基本数据
投资额	100 亿元
特许运营期	T=25 年
利益分配制度	政府拟参与分配 20%的收益(S=0.2),同时限定了较低的票价
运营收入	预计第一年营业收入为 6 亿元,之后每年按 5%的速度增长,受市场风险的影响,运营收入增长率预计服从方差为 3%的正态分布
运行维护费用	每年运行维护费用约占每年运营收入的 15%。根据专家预测,该比例服从[13%,15%]之间的均匀分布
折现率	私营部门要求的最低投资回报率为 12%。折现率的风险调整服从标准差为 2%,方差为 3%的正态分布

##### 2. 初始融资方案评价

###### (1) 经济评价。

$$NPV_{t=17} = \sum_{i=1}^{17} \frac{(CI_t - CO_t) * K * (1-A)}{(1+r)^i} = -1.1712 \quad (1)$$

$$NPV_{t=18} = \sum_{i=1}^{18} \frac{(CI_t - CO_t) * K * (1-A)}{(1+r)^i} = 0.0449 \quad (2)$$

$$NPV = \sum_{i=1}^{25} \frac{(CI_t - CO_t) * K * (1-A)}{(1+r)^i} = 6.6754 \quad (i=1, 2, \dots, 25) \quad (3)$$

进一步地,通过公式(1)和公式(2)可得

$$PBP = 17 + \frac{|NPV_{t=17}|}{NPV_{t=18} - |NPV_{t=17}|} = 17.96 \quad (4)$$

在未考虑风险因素影响下,应用传统DCF法,求得运营期累计净现值为:NPV=6.6754 亿元,即NPV>0,表明私营部门能够获得最低投资回报率。动态投资回收期为:PBP=17.96年,即PBP<25年,私营单位能够在特许运营期结束前收回成本,并拥有约7年的额外获利时间。项目实际投资财务内部回报率为:IRR=13.89%,即IRR>12%,表明初始融资方案经济上可行,私营部门很可能参与该地铁PPP项目的投资。

(2) 风险评价。以上初始方案的经济评价中,并未考虑风险因素的影响。对于特许期为25年的巨额投资项目,变化因素很大,收益不确定性很大,因此很有必要考虑风险因素对现金流的影响。

在Matlab7.0中运行上文所提出的仿真模型,重新评估方案。可得到初始融资方案获得最低IRR的概率仅为44.65%,这意味着私营部门有55.35%的概率达不到最低IRR。从计算结果可知,该方案被私营部门接受的可能性较低。为提高项目融资吸引力,降低私营部门投资风险,确保私营部门在项目运营中提供优质服务,必须进行融资方案优化。

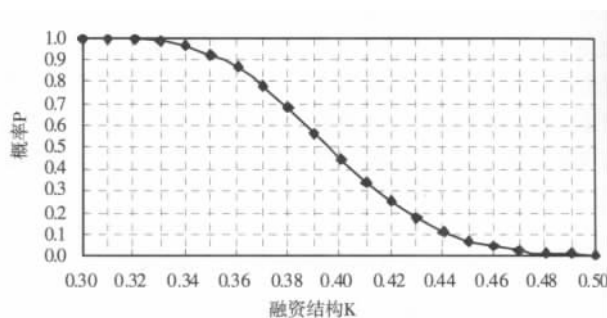


图 4 概率P随融资结构K变化曲线图

##### 3. 融资方案优化

设定可行融资结构区间为[0.3,0.5],模拟次数为10000次,融资比例的调整间隔为0.01,运行程序可得,融资结构K与获得最低IRR的概率P的关系如图4所示。从模拟结果可以看出,为保证私营部门获得最低IRR的概率大于0.9,融资结构应调整为0.35。该融资结构是考虑风险因素后的融资结构,显然更容易被私营部门接受,同时又相对客观,给融资谈判提供了一个较好的基准点,避免了双方谈判的无目的性。

##### 4. 进一步研究

经过上述优化后的融资结构变小,这意味着政府需要多投入5%的项目资金,即达到65亿元。通过前文的分析可知,融资

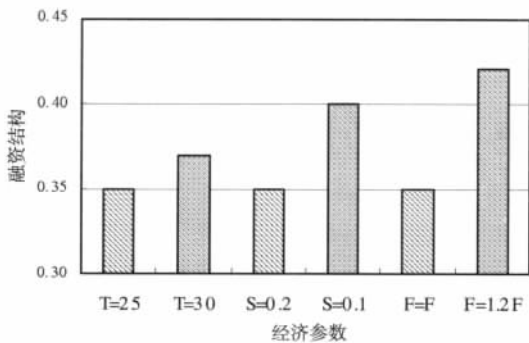


图5 不同经济参数下的融资结构

结构 $K$ 与特许期 $T$ 、收费价格 $F$ 、利益分配比重 $S$ 密切相关。为提高项目融资能力，政府作为融资方案的有力控制者，很可能期望通过调整这些经济指标，寻找符合自身能力的融资结构，降低财政压力。假定所要求的置信度为 $C=0.9$ ，调整各个经济指标数值并代入程序，可得不同经济参数下的融资结构（如图5所示）。

（1）延长特许期。通过图5可以看出，当延长该PPP项目特许期至 $T=30$ 年时，政府可提高项目融资约2%，即减少2亿元的建设投资。

（2）减少参与分配的比重。通过图5可以看出，当减少利益分配比重至10%时，政府可提高项目融资5%，即减少5亿元的建设投资。正如前文所提及，政府参与利益分配的方式主要是租金和税收，通过参与利益分配逐步回收部分投资。上述结果表明，政府在融资过程中，放弃收取租金或给与税收优惠政策，对提高项目融资能力是比较有利的。

（3）提高收费价格。通过图5可以看出，当收费价格提高1.2倍，政府可提高项目融资7%，即减少7亿元的建设投资。说明收费价格是影响该项目经济性的重要因素，对项目融资能力影响很大。然而，提高收费价格意味着项目的最终使用者每次使用要多付出一定费用，损害的是使用者的切身利益。因此，尽管提高收费价格对政府提高项目融资能力，降低资金投入有利，但也必须顾及项目最终使用者的利益，即在两者之间做好权衡。

## 五、结论

在大型准营利性基础设施项目融资中，PPP模式理论上比传统BOT等融资模式更具优势。但是由于PPP模式的复杂性和特殊性，确定出科学合理、双方满意的融资方案成为PPP模式推广应用的一个难题。本文建立的模型考虑了折现率、运营收入、运营维护费用等主要影响因素，能够从融资初期即考虑风险的合理分担，计算出双方满意的最佳融资结构。

同时，公共部门通常作为权力部门，其对融资方案的控制能力更高。通过本模型其可在收益分配、融资比例、特许期长度等重大问题上合理设计，既避免私营部门获得超额利润，又避免项目财务上的不可行或最终导致项目失败。而对于私营部门，如果其能够使用本模型计算出公共部门认可最佳的融资结构，则既能保证自身盈利的一定置信度，又能确保其提出的融资方案被公共部门认可的概率较高。

虽然本文建立的仿真模型具有一定的应用价值。但是，为使本模型更加实用，相关的改进工作还有待进一步开展。例如，

对决策者来说，准确进行风险识别是具有一定困难的，更多的风险因素还应当予以考虑。本文将投资总额作为一个确定性因素予以考虑，然而实际项目中，建造成本可能是变动的，因此考虑工程造价风险对融资结构的影响是下一步应该考虑的问题。同时，由于融资谈判其实是公私双方之间的博弈过程，因此引入博弈论是今后的一个研究思路。

## 【参考文献】

- [1] 开文. 香港MTR公司投资经营北京地铁4号线[J]. 现代城市轨道交通, 2005(1): 61.
- [2] 陆歆弘. 大型体育场馆的融资及收益风险[J]. 体育科研. 2007, 28(2): 35-39.
- [3] 万冬君, 王要武, 姚兵. 基础设施PPP融资模式及其在小城镇的应用研究[J]. 土木工程学报, 2006, 39(6): 115-119.
- [4] 王灏. PPP的定义和分类研究[J]. 都市快轨交通, 2004, 17(5): 23-27.
- [5] 沙骥. PPP模式在我国基础设施建设中的应用研究[D]. 东南大学. 管理科学与工程, 2004: 19-21.
- [6] 谭英双. 基于实物期权的企业技术创新投融资互动机制研究[J]. 技术经济与管理研究, 2009(3).
- [7] 曹燕荣. 我国城市轨道交通PPP模式研究[D]. 北京交通大学. 管理学, 2008: 9.
- [8] J. B. Miller, R. H. Evje. The practical application of delivery methods to project portfolios[J]. Construction Management and Economics, 1999, 17(5): 669-677.
- [9] L. Y. Tang, Q. P. Shen, E. W. L. Cheng. A review of studies on public-private partnership projects in the construction industry[J]. International Journal of Project Management. In Press, <http://www.sciencedirect.com>
- [10] M. Ahadzi, G. Bowles. Public-private partnerships and contract negotiations: an empirical study[J]. Construction Management and Economics, 2004, 22(9): 967-978.
- [11] E. Malini. Build operate transfer municipal bridge projects in india[J]. Journal of Management in Engineering, 1999, 15(4): 51-58.
- [12] 李电生, 员丽芬. 基于物流金融模式的中小型企业融资风险评价研究[J]. 技术经济与管理研究, 2010(1).
- [13] S. Thomas Ng, J. Z. Xie, M. Skitmore, Y. K. Cheung. A fuzzy simulation model for evaluating the concession items of public-private partnership schemes[J]. Automation in Construction, 2007, 17(1): 22-29.
- [14] S. Thomas Ng, J. Z. Xie, Y. K. Cheung, M. Jefferies. A simulation model for optimizing the concession period of public-private partnerships schemes[J]. International Journal of Project Management, 2007, 25(8): 791-798.
- [15] S. Thomas Ng, J. Z. Xie. A simulation model for evaluating the tariff stability of concession-based PPP proposals [J]. Construction Innovation, 2008, 8(2): 106-119.
- [16] Y. J. Ke, X. P. Liu, S. Q. Wang. Equitable financial evaluation method for public-private partnership projects [J]. Tsinghua Science & Technology, 2008, 13(5), 702-707.
- [17] J. B. Song, S. D. Han and D. B. Wang. A decision method of concession period for build-operate-transfer projects of sewage treatment [C]. 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008.